



TUGAS AKHIR - TF 141581

**ANALISIS SPEKTRAL PENCIRI GLUKOSA PADA
DARAH PENDERITA DIABETES MELLITUS
MENGUNAKAN FTIR SPECTROSCOPY**

FEBRIA DILIANI
NRP. 2412 100 010

Dosen Pembimbing
Dr.rer.nat.Ir.Aulia M.T. Nasution, M.Sc

JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TF141581

**SPECTRAL ANALYSIS OF BLOOD GLUCOSE
IDENTIFIER IN DIABETES MELLITUS PATIENTS
BY USING FTIR SPECTROSCOPY**

FEBRIA DILIAN TI
NRP. 2412 100 010

Supervisor
Dr.rer.nat.Ir.Aulia M.T. Nasution, M.Sc

DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**ANALISIS SPEKTRAL PENCIRI GLUKOSA PADA
DARAH PENDERITA *DIABETES MELLITUS*
MENGUNAKAN *FTIR SPECTROSCOPY***

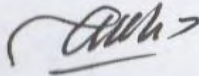
TUGAS AKHIR

Oleh:

FebriaDilianti
NRP. 2412 100 010

Surabaya, Agustus 2016

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



Dr. rer. nat. Ir. Aulia M.T. Nasution, M.Sc
NIP. 19671117 199702 1 001

**Mengetahui,
Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS**



Agus Muhammad Hatta, ST, M.Si, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

**ANALISIS SPEKTRAL PENCIRI GLUKOSA PADA
DARAH PENDERITA *DIABETES MELLITUS*
MENGUNAKAN *FTIR SPECTROSCOPY***


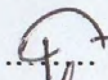

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Rekayasa Fotonika
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

FEBRIA DILIANTI
NRP. 2412 100 010

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr.rer.nat.Ir.Aulia M.T.N., M.Sc.  (Pembimbing I)
2. Agus M. Hatta, S.T., M.Si,Ph.D  (Ketua Tim Penguji)
3. Detak Yan Pratama, S.T.,M.Sc.  (Penguji I)

**SURABAYA
AGUSTUS 2016**

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS SPEKTRAL PENCIRI GLUKOSA PADA DARAH PENDERITA DIABETES MELLITUS MENGUNAKAN FTIR SPECTROSCOPY

Nama Mahasiswa : Febria Dilianti
NRP : 24 12 100 010
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. rer. nat. Ir. Aulia M. T. N., M.Sc

Abstrak

Salah satu pemeriksaan laboratorium yang sering dilakukan adalah pemeriksaan glukosa darah. Tujuan dari pemeriksaan glukosa darah salah satunya adalah untuk menentukan ada tidaknya penyakit diabetes mellitus. Diabetes mellitus adalah penyakit yang paling menonjol yang disebabkan oleh gagalnya pengaturan gula darah atau kelainan metabolisme karbohidrat, dimana glukosa darah tidak dapat digunakan dengan baik. Spektrum FTIR dari sampel plasma darah dalam berbagai konsentrasi glukosa didalamnya dapat terbaca pada range bilangan gelombang $2,5\ \mu\text{m}$ - $50\ \mu\text{m}$. Pada tugas akhir ini didapatkan pada panjang gelombang $8.77\ \mu\text{m}$ atau pada bilangan gelombang $1140\ \text{cm}^{-1}$ dari hasil derivative kedua menandakan adanya regangan vibrasi gugus fungsi C-O dari glukosa. Terjadi kenaikan luasan kurva seiring dengan semakin tingginya jumlah konsentrasi glukosa. Hal ini sesuai dengan teori yang ada bahwa semakin tinggi konsentrasi, semakin besar absorbansi.

Kata kunci: *Diabetes Mellitus, FTIR, Derivative*

Halaman ini sengaja dikosongkan

***SPECTRAL ANALYSIS OF BLOOD GLUCOSE IDENTIFIER
IN DIABETES MELLITUS PATIENTS BY USING FTIR
SPECTROSCOPY***

Name	: Febria Dilianti
NRP	: 24 12 100 010
Department	: Engineering Physics, FTI-ITS
Supervisor	: Dr. rer. nat. Ir. Aulia M. T. N., M.Sc

Abstract

One of laboratory examinations that is often conducted is the blood glucose examination. The objective of the blood glucose examination is to check for diabetes mellitus. Diabetes mellitus is often caused by the control failure of blood sugar or carbohydrate metabolism disorder, in which blood glucose is not properly managed. FTIR spectrum of blood plasma samples in various glucose concentrations could be identified in the range of wave numbers of 2,5 μm - 50 μm . In this final assignment, the wavelength of 8.77 μm or of the wave number of 1140 cm^{-1} was obtained through second derivative result and it indicates the existence of vibration strain of C-O functional groups of glucose. The increase of curve area is consistent with the increase of glucose concentration level. It is relevant to the existing theory stating that the higher level of concentration would lead to higher assurance.

Keywords: Diabetes Mellitus, FTIR, Derivatives

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	2
1.3.Batasan Masalah.....	2
1.4.Tujuan.....	3
1.5.Sistematika Laporan	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Gula Darah	5
2.2 <i>Diabetes Mellitus</i>	6
2.3 <i>Centrifuge</i>	7
2.4 <i>Cobas E601</i>	7
2.5 <i>Spectroscopy</i>	9
2.6 <i>Spectroscopy Infrared</i>	10
2.7 <i>Fourier Transform Infra Red Spectroscopy (FTIR)</i>	12
2.8 Metode Spektroskopi Derivatif	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur	20
3.2 Proses Pengambilan Sampel.....	20
3.3 Pengujian Sampel dengan <i>FTIR</i>	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil <i>FTIR</i> Plasma Darah Normal dan DM.....	25
4.2 Hasil Pengolahan Spektroskopi Derivatif.....	27
4.3 Luas Area di Bawah Kurva	29

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	33

DAFTAR PUSTAKA	35
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Darah sebelum dan setelah sentrifugasi	7
Gambar 2.2	<i>Roche cobas</i>	8
Gambar 2.3	Daerah Spektrum elektromagnetik.....	13
Gambar 2.4	Skema spektroskopi FTIR.....	13
Gambar 2.5	Sistem optik FTIR.....	15
Gambar 2.6	Penentuan kemiringan spektrum.....	16
Gambar 2.7	Spektogram derivatif.....	17
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	18
Gambar 3.2	Pengambilan darah.....	18
Gambar 3.3	<i>Centrifuge</i>	19
Gambar 3.4	Cobas E601	19
Gambar 3.5	<i>FTIR 8400s Shimadzu</i>	20
Gambar 3.6	Plat NaCl.....	20
Gambar 3.7	Sampel plasma darah	21
Gambar 4.1	Spektral Absorbansi	24
Gambar 4.2	Spektral Absorbansi (8.3 μ m-11 μ m)	24
Gambar 4.3	Hasil derivatif pertama.....	25
Gambar 4.4	Hasil derivatif kedua	26
Gambar 4.5	Penciri spektral (8.6 μ m-8.9 μ m)	27
Gambar 4.6	Grafik luas kurva.....	28

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kadar glukosa darah sewaktu dan puasa	6
Tabel 2.2	Daerah serapan inframerah	10
Tabel 2.3	Daerah serapan FTIR.....	11
Tabel 4.1	Normalisasi luas kurva	28

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang dari topik tugas akhir yang diambil, permasalahan yang akan diselesaikan, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Salah satu pemeriksaan laboratorium yang sering dilakukan adalah pemeriksaan glukosa darah. Tujuan dari pemeriksaan glukosa darah salah satunya adalah untuk menentukan ada tidaknya penyakit *diabetes mellitus*. Fakta yang dikeluarkan oleh *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2012, sekitar 1,5 juta kematian disebabkan oleh *diabetes*. Pada tahun 2014, 9% diantara orang dewasa berusia 18+ tahun menderita *diabetes*. Lebih dari 80% kematian akibat *diabetes* terjadi di Negara berpenghasilan rendah dan menengah. *Diabetes* akan menjadi 7 penyebab kematian terkemuka pada tahun 2030. *Diabetes mellitus* adalah penyakit yang paling menonjol yang disebabkan oleh gagalnya pengaturan gula darah atau kelainan metabolisme karbohidrat, dimana glukosa darah tidak dapat digunakan dengan baik. Komplikasi *diabetes* dapat menyebabkan serangan jantung, stroke, kebutaan, gagal ginjal dan amputasi. Saat ini alat kesehatan untuk mendiagnosa penyakit seperti *diabetes mellitus* telah ada yang berupa digital, akan tetapi alat ini masih memiliki kelemahan yaitu masih kurang stabil dan belum dapat dipakai secara berulang dalam jangka waktu yang lama. Oleh karena itu diperlukan referensi mengenai penciri spectral glukosa darah untuk dapat digunakan dalam pembuatan alat ukur glukosa atau untuk menentukan sensor yang tepat pada alat pengontrol gula darah. Salah satu metode untuk mendapatkan penciri spectral glukosa adalah dengan menggunakan *FTIR Spectroscopy*.

FTIR spectroscopy terbukti dapat digunakan untuk studi sampel biologis seperti plasma darah dan jaringan karena biomolekul umum seperti protein, asam nukleat dan lipid memiliki *vibration fingerprints* sesuai dengan frekuensi cahaya

infrared. Hasil *FTIR* spektra glukosa, fruktosa, galaktosa dan manosa berada pada bilangan gelombang 900-1200 cm^{-1} yang berada pada daerah C-O (C.Petibois dkk, 1999). Sedangkan glukosa pada darah dengan menggunakan analisa *second derivative*, peak tertinggi berada pada bilangan gelombang 1082 cm^{-1} menandakan adanya vibrasi ikatan C-O (Y.C.Shen dkk, 2003). Dengan menggunakan sampel yang sama yaitu darah, P.Srividya menggunakan rentang bilangan gelombang 925-1250 cm^{-1} didapatkan absorbansi glukosa pada bilangan gelombang 1033 cm^{-1} pada daerah C-O (P.Srividya dkk, 2012).

Dalam penelitian kali ini, akan dilakukan analisis spektral untuk mengetahui spektral penciri glukosa pada plasma darah normal dan penderita *diabetes mellitus* serta bagaimana perubahan spektral nilai absorbansinya menggunakan *FTIR spectroscopy* dan metode *derivative*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini yaitu bagaimana analisa spektral penciri glukosa pada darah penderita *diabetes mellitus* dapat digunakan untuk keperluan pemeringkatan keparahan penyakit *diabetes mellitus* pada penderitanya.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan menggunakan *FTIR Spectroscopy* Shimadzu 8400s dengan rentang panjang gelombang 2,5-50 μm atau pada bilangan gelombang 4000-200 cm^{-1} .
2. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah plasma darah dengan konsentrasi gula darah normal yaitu 91 mg/dl dan 98 mg/dl dan plasma darah penderita *diabetes mellitus* yaitu 231 mg/dl dan 301 mg/dl.
3. Analisa dilakukan pada rentang panjang gelombang 8.3-11 μm dan menggunakan metode spektroskopi *derivative*.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memahami karakteristik spektral khas dari penderita *diabetes mellitus*.
2. Memahami bagaimana peningkatan kadar gula pasien akan mengubah pola atau bentuk pita spektral absorbsi yang akan dimanfaatkan sebagai moda pemerinkatan dan klasifikasi tingkat keparahan *diabetes mellitus*.

1.5 Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Berisi mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi tentang teori – teori yang mendasari penelitian.

Bab III Metodologi

Berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan masalah pada penelitian, meliputi proses pengambilan data dan pengolahan data.

Bab IV Analisa Data dan Pembahasan

Setelah langkah – langkah penelitian telah dijelaskan secara detail pada bab 3, bab ini menjelaskan hasil data dari penelitian serta pembahasan dari data yang didapatkan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan akhir dari penelitian yang telah dilakukan serta saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang teori – teori dasar yang menjadi prinsip alur berfikir dari penyelesaian permasalahan untuk mencapai tujuan penelitian Tugas Akhir.

2.1 Gula Darah

Menurut ilmu kedokteran, gula darah merupakan istilah kadar glukosa yang ada di dalam darah. Kadar glukosa darah meningkat seiringan dengan pencernaan dan penyerapan glukosa dari makanan. Pada individual normal, kadar tersebut tidak melebihi sekitar 140mg/dl karena jaringan akan menyerap glukosa dari darah, menyimpannya untuk digunakan kemudian atau mengoksidasikannya untuk menghasilkan energi. Setelah makanan dicerna dan diserap, kadar glukosa darah menurun karena sel terus memetabolis glukosa (Marks, 2000).

Kadar glukosa dipengaruhi faktor endogen dan eksogen. Faktor endogen yaitu *humoral factor* seperti hormon insulin, glukagon, kortisol (sistem reseptor di otot dan sel hati). Faktor eksogen antara lain jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi serta aktivitas fisik yang dilakukan (Rasmika, 2008).

Nama lain dari gula darah adalah *glucose*, sedangkan rumus senyawa kimianya adalah $C_6H_{12}O_6$ dan memiliki berat molekul 180g/mol. Kandungan gula darah manusia (70-100ml tiap 100ml darah). Kadar gula dalam darah dapat diukur dengan pengukuran kadar gula standard menggunakan bahan plasma darah yang berasal dari pembuluh vena. Pengukuran kadar gula darah sebaiknya dilakukan segera mungkin setelah darah diambil dari vena. Pengukuran darah vena dan kapiler pada saat puasa memberikan hasil yang identik pada saat puasa tetapi tidak untuk pengukuran 2 jam setelah makan dimana hasil dari darah kapiler menunjukkan nilai yang lebih tinggi (Tuchin, 1990).

2.2 Diabetes Mellitus

Diabetes Mellitus adalah penyakit metabolisme yang merupakan suatu kumpulan gejala yang timbul pada seseorang karena adanya peningkatan kadar glukosa darah diatas nilai normal. Penyakit ini disebabkan gangguan metabolisme glukosa akibat kekurangan insulin baik secara absolut maupun relatif. Ada 2 tipe diabetes melitus yaitu diabetes melitus tipe I atau diabetes *juvenile* yaitu diabetes yang umumnya didapat sejak masa kanak-kanak dan diabetes tipe II yaitu diabetes yang didapat setelah dewasa.

Gejala diabetes antara lain: rasa haus yang berlebihan (polidipsi), sering kencing (poliuri) terutama malam hari, sering merasa lapar (poliphagi), berat badan yang turun dengan cepat, kesemutan pada tangan dan kaki, gatal-gatal, penglihatan jadi kabur, impotensi, luka sulit sembuh, keputihan, penyakit kulit akibat jamur dibawah lipatan kulit, dan pada ibu-ibu sering melahirkan bayi besar dengan berat badan ≥ 4 kg. Didefinisikan sebagai DM jika pernah diagnosis menderita kencing manis oleh dokter atau belum pernah didiagnosis menderita kencing manis oleh dokter tetapi dalam 1 bulan terakhir mengalami gejala sering lapar dan sering haus, sering buang air kecil dan berat badan turun (Riskses, 2013)

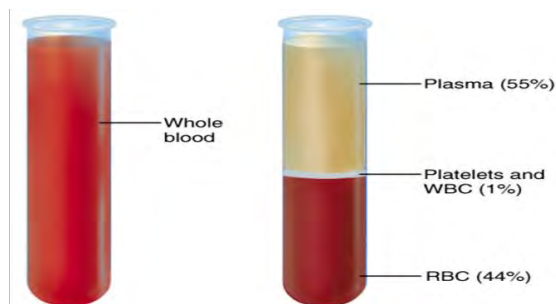
Tabel 2.1 Kadar glukosa darah sewaktu dan puasa
Diabetes Mellitus (Riskses, 2013).

	Bukan DM	Belum pasti DM	DM
Kadar glukosa darah sewaktu: Plasma vena Darah Kapiler	<100 mg/dl <90 mg/dl	100-199 mg/dl 90-199 mg/dl	≥ 200 mg/dl ≥ 200 mg/dl
Kadar glukosa darah puasa: Plasma vena Darah kapiler	<100 mg/dl <90 mg/dl	100-125 mg/dl 90-99 mg/dl	≥ 126 mg/dl ≥ 100 mg/dl

2.3 Centrifuge

Centrifuge atau sentrifugasi adalah proses pemisahan dengan menggunakan gaya sentrifugal. Pemisahan dapat dilakukan terhadap fasa padat-cair tersuspensi maupun campuran berfasa cair-cair. Pada pemisahan dua fasa cair dapat dilakukan apabila kedua cairan mempunyai perbedaan rapat massa. Semakin besar perbedaan rapat massa dari kedua cairan semakin mudah dipisahkan dengan cara sentrifugasi. Semakin mudah dipisahkan, maka energy yang diperlukan semakin kecil untuk proses pemisahannya. Pemakaian centrifuge paling sering dilakukan untuk memisahkan komponen sel darah dari komponen penyusunnya sehingga dapat digunakan untuk pemeriksaan laboratorium.

Teknik pemisahan plasma darah dengan sentrifugasi adalah setelah pengambilan darah, darah tersebut dibiarkan membeku (± 15 menit) kemudian dipusingkan atau diputar pada sentrifuge dengan kecepatan 2000-3000 rpm selama 15 menit. Plasma darah hasil centrifuge kemudian dipisahkan untuk pemeriksaan kadar glukosa darah (Riskawati, 2011).



Gambar 2.1 Darah sebelum dan setelah proses sentrifugasi

2.4 Cobas E601

Cobas E601 merupakan suatu instrumen modern yang canggih dan otomatis serta terkomputerisasi dengan sistem *software* khusus untuk analisis kimia klinik dan imunoasay.

Instrumen ini dirancang untuk penentuan kuantitatif dan kualitatif *in vitro* dengan parameter uji yang luas dan dapat digunakan selama 24 jam per hari. Jenis sampel untuk pengujian dengan alat ini ialah serum atau plasma. Selain dilengkapi dengan sistem komputer yang canggih, *Cobas E601* juga dilengkapi dengan unit fotometer dan ISE (*Ion Selective Electrode*). Unit fotometer berfungsi untuk menentukan kadar atau konsentrasi analit dalam sampel, sedangkan unit ISE hanya untuk penentuan ion-ion tubuh seperti Na^+ , K^+ dan Cl^- . Instrumen *Cobas E601* dapat melakukan analisis sampai 170 tes per jam (*Operator's Manual* 2010). Tampilan instrumen *Cobas E601* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Roche cobas

Cobas E601 bekerja secara spektrofotometri untuk mengukur absorbans suatu campuran reaksi dalam kuvet atau sel. Kuvet yang terdapat dalam instrumen ini disusun dengan bentuk melingkar dan dalam jumlah yang banyak yaitu sebanyak 150 kuvet, sehingga memungkinkan untuk melakukan beberapa pemeriksaan secara bersamaan. Sistem komputer pada instrumen ini mengatur dan mengontrol berbagai proses yang dilakukan oleh setiap bagian yang berperan dalam proses pengukuran, sehingga tidak akan terjadi kesalahan baik dalam proses pemipetan, penambahan reagen, pengukuran maupun perhitungan kadar. Seluruh tahapan analisis dengan instrumen ini berjalan secara otomatis. Proses *sampling*, penambahan reagen, pengukuran hingga perhitungan untuk memperoleh hasil akhir berjalan secara otomatis.

Sumber radiasi yang digunakan pada instrumen *Cobas E601* berupa lampu halogen. Lampu ini dibungkus oleh suatu lapisan dengan suhu konstan. Hal ini berfungsi untuk menjaga agar energi radiasi yang dihasilkan oleh lampu tersebut tetap konstan, dan juga untuk memperpanjang masa pemakaian lampu. Ketika radiasi memasuki bagian fotometer, radiasi akan menabrak *grating* yang merupakan komponen optik pemisah spektrum gelombang cahaya. Hal ini mengakibatkan radiasi tersebut mengalami pemisahan atau terseleksi pada panjang gelombang tertentu dan kemudian direfleksikan terhadap 12 detektor fotodiode. Setiap fotodiode disimpan secara permanen untuk mendeteksi radiasi pada berbagai panjang gelombang. Instrumen *Cobas E601* dapat mengenali berbagai informasi parameter uji melalui *scanning barcode* sampel dan secara otomatis memilih panjang gelombang untuk pengukuran setiap parameter uji tersebut. Nilai absorbansi yang terdeteksi dihitung oleh komputer secara otomatis, sehingga diperoleh hasil berupa kadar atau konsentrasi analit (Operator's Manual, 2010).

2.5 Spectroscopy

Spectroscopy adalah ilmu yang mempelajari tentang metode-metode untuk menghasilkan dan menganalisis spectrum. Interpretasi spectrum yang dihasilkan dapat digunakan untuk analisis unsur kimia, meneliti struktur molekul, meneliti arus energy atom dan molekul (Danasantoso, 1995).

Spektroskopi terdapat dua kelompok utama yaitu spektroskopi atom dan spektroskopi molekul. Spektroskopi atom adalah tingkat energy electron terluar suatu atom atau unsur, sedangkan spektroskopi molekul adalah tingkat energy molekul yang melibatkan energy vibrasi dan rotasi. Berdasarkan sinyal radiasi elektromagnetiknya spektroskopi dibagi menjadi empat yaitu spektroskopi absorpsi, spektroskopi emisi, spektroskopi *scattering*, dan spektroskopi fluoresensi.

Alat untuk mengukur panjang gelombang cahaya secara akurat dengan menggunakan kisi difraksi atau prisma untuk

memisahkan panjang gelombang yang berbeda disebut spectrometer. Jenis spectrometer antara lain adalah spectrometer sinar tampak, spectrometer ultraviolet, spektrometer infra merah, spectrometer resonansi magnet inti, spectrometer serapan, spectrometer massa dan spectrometer fluoresensi. Perbedaan dari jenis spectrometer terletak pada sumber cahaya atau sampel yang disesuaikan dengan apa yang akan diteliti. Komponen-komponen spectrometer terdiri dari empat bagian penting yaitu sumber cahaya, monokromator, kuvet (tempat cuplikan) dan detector.

2.6 Spectroscopy Infrared

Spektrum elektromagnetik merupakan kumpulan spectrum dari berbagai panjang gelombang. Berdasarkan daerah panjang gelombang, infra merah terdiri dari tiga daerah; daerah infra merah dekat, daerah infra merah pertengahan dan daerah infra merah jauh.

Tabel 2.2 Daerah serapan infra merah (Ibnu Gholib, 2007).

Daerah	Panjang Gelombang (μm)	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
Dekat	0.78-2.5	12800-4000
Pertengahan	2.5-50	4000-200
Jauh	50-100	200-10

Dalam pembagian daerah spectrum infra merah, alat spectrometer infra merah menggunakan panjang gelombang pada daerah infra merah pertengahan yaitu pada panjang gelombang 2,5-50 μm . Pada interaksi antara sinar infra merah dengan molekul hanya menyebabkan vibrasi, yaitu bergerak pada tempatnya.

Setiap senyawa pada keadaan tertentu mempunyai tiga macam gerak, yaitu:

1. Gerak translasi, yaitu perpindahan dari satu titik ke titik lain.
2. Gerak rotasi, yaitu gerak berputar pada porosnya.
3. Gerak vibrasi, yaitu bergetar pada tempatnya.

Atom dalam molekul tidak dalam keadaan diam, tetapi biasanya terjadi peristiwa vibrasi. Hal ini bergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkannya. Vibrasi molekul sangat khas untuk suatu molekul tertentu biasanya disebut *finger print*. Vibrasi molekul dapat digolongkan menjadi dua yaitu:

1. Vibrasi regangan (*stretching*), adalah peristiwa Bergeraknya atom sepanjang ikatan yang menghubungkannya sehingga akan terjadi perubahan jarak antara keduanya.
2. Vibrasi bengkokan (*bending*), adalah jika tiga atom merupakan sebuah molekul yang lebih besar, maka dapat menimbulkan vibrasi bengkokan atau vibrasi deformasi yang mempengaruhi osilasi atom molekul secara keseluruhan.

Para ahli kimia telah memetakan ribuan spectrum infra merah dan menentukan panjang gelombang absorpsi dari tiap gugus fungsi dimana vibrasi suatu gugus fungsi spesifik pada bilangan gelombang tertentu. Dari gambar diketahui bahwa vibrasi regangan C-O berada pada daerah bilangan gelombang 900-1300 cm^{-1} . Artinya jika suatu spectrum senyawa X menunjukkan pita absorpsi pada bilangan gelombang tersebut maka dapat disimpulkan bahwa senyawa X tersebut mengandung glukosa.

Tabel 2.3 Daerah serapan FTIR (Petibois, 1999).

Bands (cm^{-1})	Major assignments for plasma contents
3020-3000	$\nu(\text{CH})$: unsaturated fatty acids, cholesterol esters
2990-2950	$\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$: cholesterol esters, triglycerides, glycerol
2950-2880	$\nu_{\text{as}}(\text{CH}_2)$: long chain fatty acids, phospholipids
2880-2860	$\nu_{\text{s}}(\text{CH}_3)$: cholesterol esters, triglycerides, glycerol
2870-2830	$\nu_{\text{s}}(\text{CH}_2)$: long chain fatty acids, phospholipids

2996-2819	$\nu_{as}(\text{CH}_3)$, $\nu_s(\text{CH}_3)$, $\nu_{as}(\text{CH}_2)$, $\nu_s(\text{CH}_2)$: fatty acids, phospholipids, triglycerides
1739-1732	$\nu(\text{C=O})$: lipids, cholesterol esters, triglycerides
1720-1600	$\nu(\text{C=O})$: (amide I) β -sheet: protein, turns, coils
1630-1560	$\delta(\text{NH}_2)$: amino acids
1600-1480	$\delta(\text{N-H})$: (amide II) α -helix: proteins
1480-1430	$\delta_{as}(\text{CH}_3)$, $\delta_{as}(\text{CH}_2)$, $\delta_s(\text{CH}_3)$, $\delta_s(\text{CH}_2)$: fatty acids, phospholipids, triglycerides
1430-1360	$\nu(\text{COO}^-)$: amino acids
1300-900	$\nu(\text{C-O})$: saccharides, glucose, lactate, glycerol
v: stretching vibration, δ: bending (scissoring) vibration, s: symmetric, as: asymmetric	

2.7 Fourier Transform Infra Red Spectroscopy (FTIR)

Fourier Transform Infra Red Spectroscopy (FTIR) adalah alat untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam molekul. *FTIR* mengukur absorpsi melalui radiasi unsur pada daerah 4000-200 cm^{-1} (2,5-50 μm). Setiap ikatan dalam molekul bervibrasi menghasilkan perubahan momen dipol ikatan. Perubahan momen dipol memberikan mekanisme absorpsi radiasi. Energy vibrasi seperti radiasi yang terabsorpsi berada dalam daerah inframerah, dimana frekuensi dan energinya lebih rendah dari pada cahaya tampak. Setiap unsur memiliki spectrum inframerah yang berbeda sehingga senyawa organik dapat diidentifikasi dengan membandingkan spectrum inframerahnya dengan spectrum sampel yang telah diketahui (Silverstain, 1967).

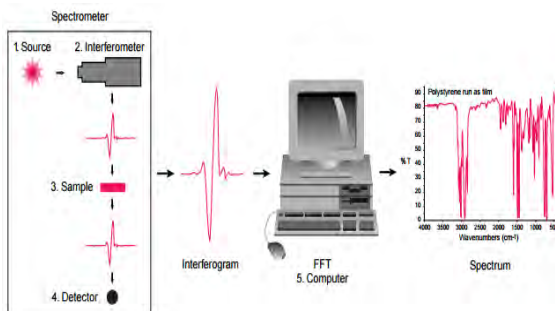
>14,000 cm ⁻¹ Visible & UV	14,000 to 4000 cm ⁻¹ Near IR	4000 to 400 cm ⁻¹ Mid-Infrared	400 to 4 cm ⁻¹ Far Infrared	< 4 cm ⁻¹ Microwaves
Electronic Transitions	Molecular Vibrations	Molecular Vibrations	Molecular Vibrations	Molecular Rotations

Higher Wavenumber	Lower Wavenumber
Higher Frequency	Lower Frequency
Higher Energy	Lower Energy
Shorter Wavelength	Longer Wavelength

Gambar 2.3 Daerah Spektrum Elektromagnetik (Ibnu Gholib,2007).

Informasi serapan IR umumnya dalam bentuk spectrum dengan panjang gelombang (λ) atau bilangan gelombang (cm⁻¹) sebagai sumbu X dan intensitas serapan atau persen transmittan (%T) sebagai sumbu Y. Transmittan (T) adalah perbandingan I dan I₀. Absorbansi (A) adalah logaritma berbasis 10 yang berbanding terbalik dengan transmittan.

$$A = \log_{10} (1 / \%T) = \log_{10} (100/T) = 2 - \log_{10} (1/T)$$

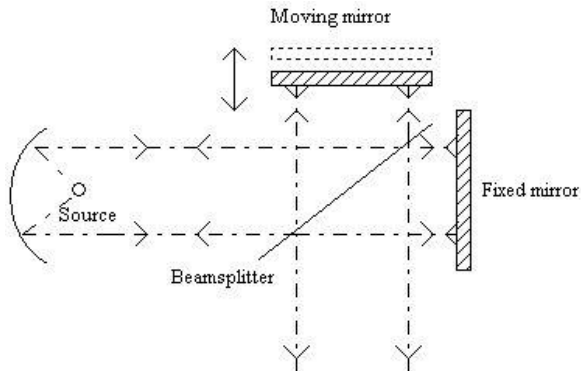


Gambar 2.4 Skema Spektroskopi FTIR (Thermo Nicolet, 2001).

FTIR terdiri dari 5 bagian utama, yaitu:

- a. Sumber sinar, infra merah dipancarkan dari sebuah sumber yang disebut *glowing black-body*. Sinar kemudian melewati celah yang dapat mengontrol jumlah energy yang mengenai sampel.
- b. Interferometer, sinar memasuki interferometer dimana *spectral encoding* berlangsung. Sinar tersebut nantinya akan diubah menjadi sinyal interferogram yang kemudian akan keluar dari interferometer.
- c. Sampel, sinar memasuki ruang sampel yang nantinya sinar ini akan diteruskan atau dipantulkan oleh permukaan sampel tergantung pada jenis analisis yang diinginkan.
- d. Detektor, sinar yang lolos ke detector akan dilakukan pengukuran akhir. Detector yang digunakan secara khusus dirancang untuk mengukur sinyal interferogram khusus.
- e. Komputer, sinyal yang diukur didigitalkan dan dikirim ke computer dimana *fourier* transformasi berlangsung sehingga menghasilkan spectrum inframerah.

Prinsip kerja dari FTIR yaitu ketika sinar datang dari sumber, sinar akan diteruskan kemudian dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor akan berfluktuasi. Sinar akan saling menguatkan ketika kedua cermin memiliki jarak yang sama terhadap detektor yang disebut interferogram. Interferogram ini akan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan computer berdasarkan operasi matematika (Tahid, 1994).



Gambar 2.5 Sistem optik FTIR

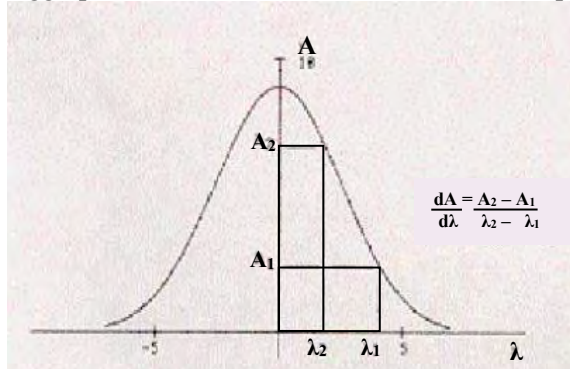
2.8 Metode Spektroskopi Derivatif

Metode spektroskopi derivative atau metode kurva turunan adalah salah satu metode spektrofotometri yang dapat digunakan untuk analisis campuran beberapa zat secara langsung tanpa harus melakukan pemisahan terlebih dahulu walaupun dengan panjang gelombang yang berdekatan ataupun pada spektrum yang komponennya saling tumpang tindih (*overlapping*). Spektrum derivative memberikan gambaran struktur yang terinci dari spektrum serapan dan akan semakin jelas dari spectra derivative pertama hingga derivative ke n . Bila dilakukan pengukuran tanpa pemisahan, dapat dilakukan dengan metode spektrofotometri derivative (Susanti dkk, 2011)

Pada spektrofotometri konvensional (derivative kenol), spektrum serapan merupakan plot serapan (A) terhadap panjang gelombang (λ). Pada metode spektrofotometri derivatif, plot A terhadap λ ditransformasikan menjadi plot $dA/d\lambda$ untuk derivatif pertama, dan $d^2A/d\lambda^2$ untuk derivatif kedua dan seterusnya.

Penentuan panjang gelombang serapan maksimum yang lebar akan lebih akurat menggunakan derivatisasi spectra. Proses terjadi dalam derivatisasi data spectra adalah pendeferensialan kurva secara matematis yaitu menentukan kemiringan serapan antara panjang gelombang tertentu secara menyeruluh. Penentuan besar

kemiringan adalah plot $dA/d\lambda$ terhadap λ untuk mendapatkan plot derivative pertama. Plot derivative pertama ini dapat diturunkan lagi dengan cara yang sama untuk mendapatkan $d^2A/d\lambda^2$, yang bila diplot terhadap panjang gelombang akan menghasilkan plot derivative kedua. Pengulangan proses ini akan menghasilkan orde yang lebih tinggi, plot derivative ke-n atau $d^n A/d\lambda^n$ terhadap λ .



Gambar 2.6 Penentuan kemiringan dari spectrum (Skujins, 1986).

Metode spektrofotometri derivative dapat digunakan untuk analisis kuantitatif zat dalam campuran yang spektrumnya mungkin tersembunyi dalam suatu bentuk spectrum besar yang saling tumpang tindih dengan mengabaikan proses pemisahan zat.

Dasar perhitungan kuantitatif spektrofotometri derivatif mengikuti hukum Lambert-Beer, dimana serapan derivatif ke-n adalah:

$$\frac{d^n A}{d\lambda} = \frac{d^n \epsilon}{d\lambda} \times l \times c$$

Dimana:

A = serapan

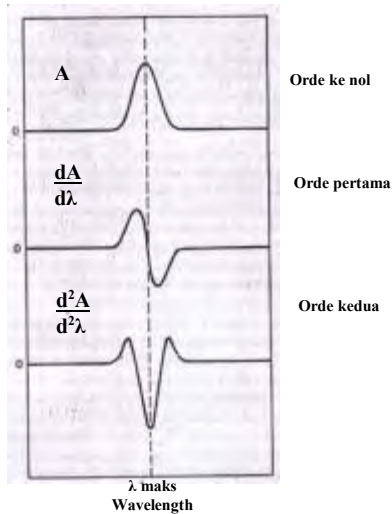
ϵ = daya serap molar ($M^{-1}cm^{-1}$)

c = Konsentrasi molar (M)

l = tebal sel (cm)

Secara teoritis $dA/d\lambda$ adalah nol pada λ_{maks} untuk pita pada spectrum normal (spectrum derivative ke nol). Spektrum

derivative kedua $d^2A/d\lambda^2$ terhadap λ memiliki dua maksimum dengan sebuah minimum diantara keduanya, pada λ_{maks} pita spectrum asalnya.

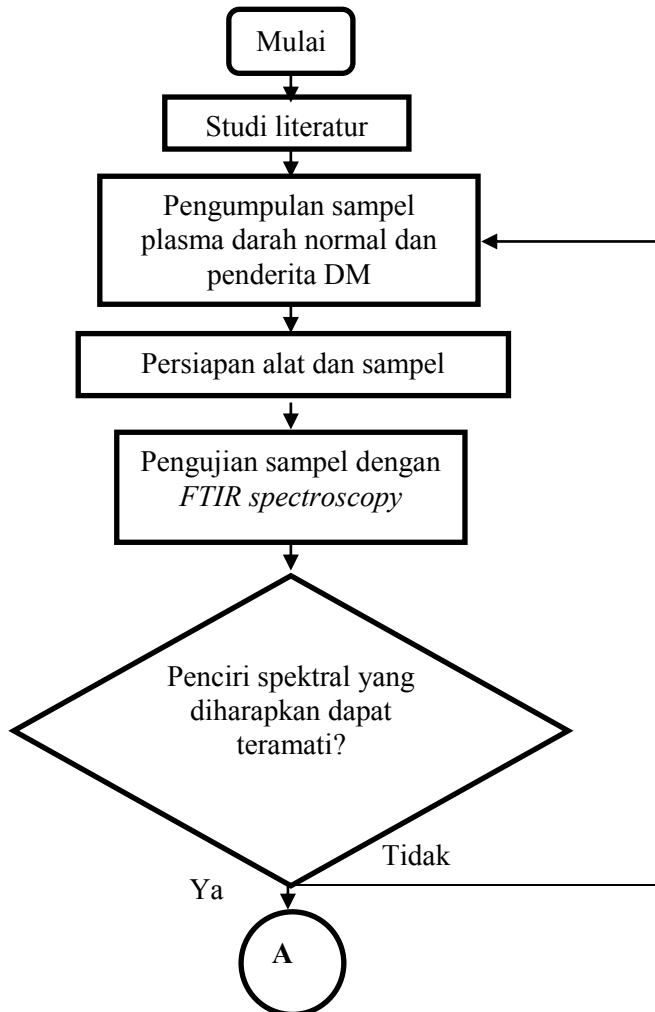


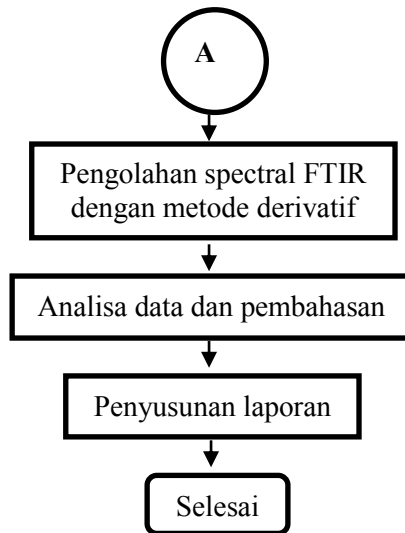
Gambar 2.7 Spektrogram derivative (Connors, 1982).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian pada tugas akhir ini dirancang pada beberapa tahapan, yang digambarkan pada diagram alir seperti pada berikut. Tahapan tersebut meliputi beberapa hal berikut:





Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan pencarian, pengkajian sumber-sumber yang relevan dan terpercaya dalam pengumpulan materi dan menjadi acuan dalam usulan tugas akhir ini. Literatur yang dipakai dititik beratkan pada buku dan jurnal tentang karakteristik gula darah pada penderita *diabetes mellitus*, pengukuran sampel darah menggunakan spektroskopi FTIR, dan metode spektroskopi derivatif.

3.2 Proses Pengambilan Sampel

- a. Pasien diambil darahnya untuk melakukan pemeriksaan.



Gambar 3.2 Pengambilan Darah

b. Darah pasien kemudian dicentrifuge selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm untuk mendapatkan plasma darah.



Gambar 3.3 *Centrifuge*

c. Hasil dari centrifuge, plasma darah kemudian diuji dengan Cobas E601 untuk mengetahui komponen yang terkandung dalam plasma darah. Informasi komponen darah yang digunakan untuk penelitian ini adalah konsentrasi gula darah. Pada penelitian ini, penulis menggunakan 4 sampel dengan konsentrasi gula darah yang berbeda.



Gambar 3.4 *Cobas E601*

3.3 Pengujian sampel dengan FTIR

3.3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

- a. FTIR 8400s Shimadzu dengan daerah pertengahan yaitu panjang gelombang 2,5-50 μm atau pada bilangan gelombang 4000-200 cm^{-1} .



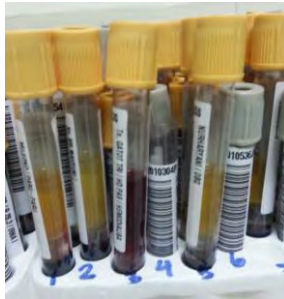
Gambar 3.5 FTIR 8400s Shimadzu

- b. Plat NaCl (Natrium Klorida), untuk cuplikan berupa cairan.



Gambar 3.6 Plat NaCl

c. Sampel plasma darah, hasil dari darah pasien yang telah di *centrifuge*.



Gambar 3.7 Sampel plasma darah

3.3.2 Langkah Pengujian

- Siapkan sampel plasma darah.
- Berikan satu tetes tiap sampel plasma darah secara merata pada plat NaCl.
- Masukkan plat NaCl kedalam sampel holder, kemudian rekam spectrum tiap sampel.
- Hasil FTIR yang ditampilkan pada komputer berupa hubungan bilangan gelombang dan transmitansi spektral.
- Hasil spektral berupa transmitansi dan bilangan gelombang diubah terlebih dahulu menjadi spektral absorbansi dan panjang gelombang (μm). Hasil spektral FTIR yang telah diubah, dianalisa gugus fungsinya berdasarkan data referensi serapan inframerah. Berdasarkan referensi, glukosa berada pada rentang bilangan gelombang 900cm^{-1} - 1200cm^{-1} atau berada pada panjang gelombang $8.3 \mu\text{m}$ - $11 \mu\text{m}$. Kemudian untuk melihat spektral serapan pada masing-masing sampel agar lebih jelas digunakan metode spektroskopi derivatif.
- Data hasil pengolahan spektral FTIR dengan metode spektroskopi derivatif kemudian dilakukan analisis hasil serta pembahasan untuk laporan tugas akhir.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai data hasil penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan metodologi yang ada pada bab III. Hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu absorbansi pada panjang gelombang penciri glukosa pada plasma darah normal dan penderita *diabetes mellitus* yang berada pada rentang panjang gelombang 900cm^{-1} - 1200cm^{-1} atau pada $8.3\mu\text{m}$ - $11\mu\text{m}$. Kemudian dilakukan penurunan spektral (derivatif) untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam plasma darah sebagai penciri spektral glukosa.

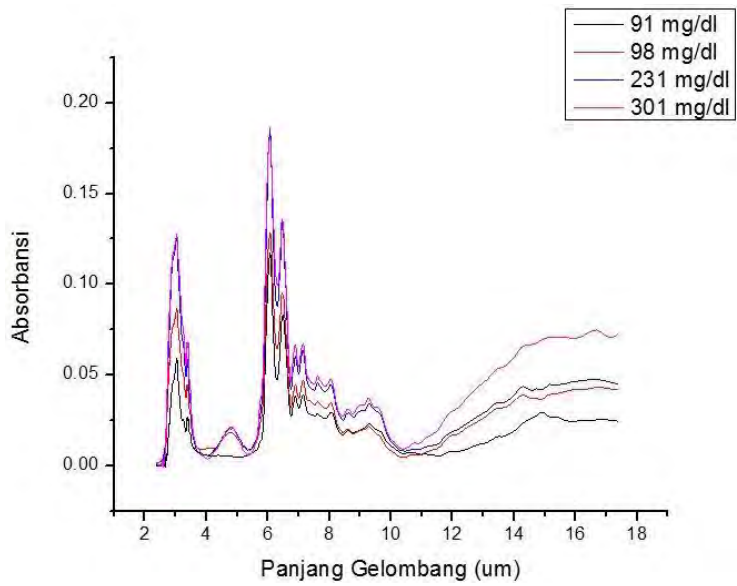
4.1 Hasil FTIR Plasma Darah DM dan Normal

Plasma darah diuji menggunakan *FTIR 8400s Shimadzu* dengan daerah pertengahan yaitu pada panjang gelombang $2,5\text{-}50\mu\text{m}$ atau pada bilangan gelombang $4000\text{-}200\text{ cm}^{-1}$. Hasil keluaran dari *FTIR 8400s Shimadzu* yang ditampilkan pada komputer berupa hubungan bilangan gelombang dengan transmitansi spektral. Hasil spektral berupa transmitansi dan bilangan gelombang kemudian diubah terlebih dahulu menjadi spektral absorbansi dan panjang gelombang (μm) dengan menggunakan persamaan:

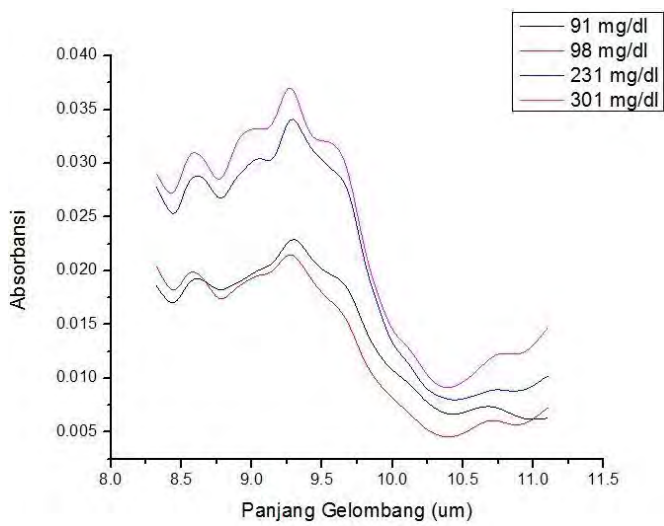
$$A = \log_{10} 1 / T$$

$$A = \log_{10} 100 / \%T$$

$$A = 2 - \log_{10} \%T$$



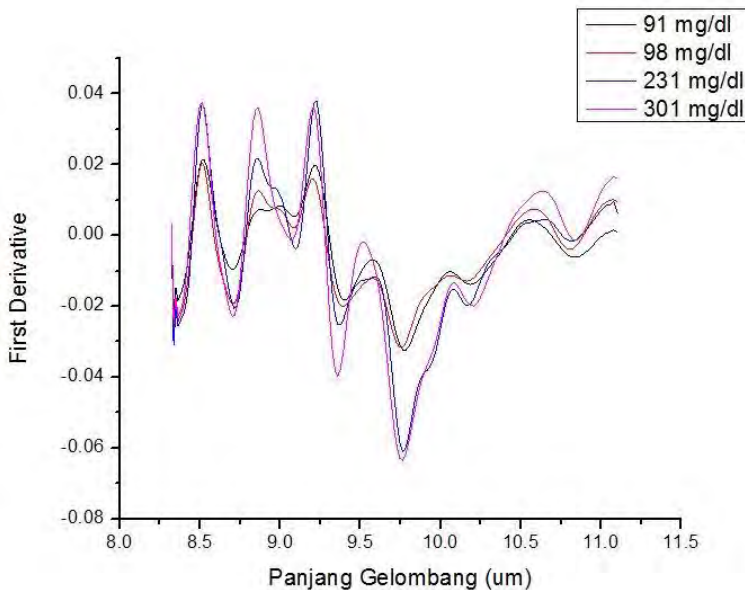
Gambar 4.1 Spektral absorbansi plasma darah dengan konsentrasi yang berbeda



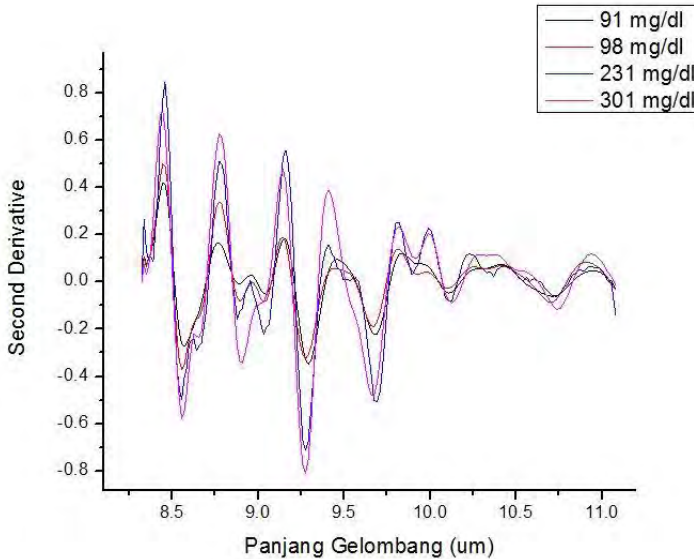
Gambar 4.2 Spektral absorbansi plasma darah pada rentang 8.3 μm - 11 μm

Pada gambar 4.1 dan 4.2 pada rentang $8.3 \mu\text{m}$ - $11 \mu\text{m}$ terlihat pada panjang gelombang yang berdekatan terdapat spectrum yang saling tumpang tindih (*overlapping*) sehingga seberapa besar nilai absorbansi belum dapat dianalisa. Maka dari itu perlu dilakukan penurunan spektral (derivatif) untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam plasma darah sebagai penciri spectral glukosa.

4.2 Hasil Pengolahan Spektroskopi Derivatif

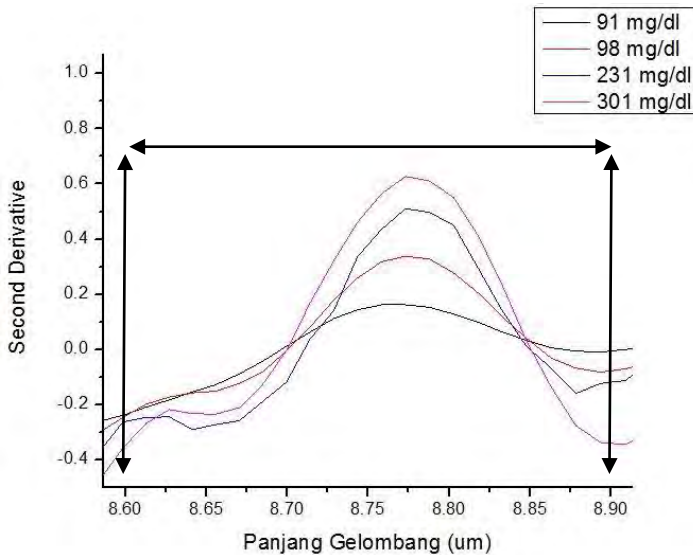


Gambar 4.3 Hasil *first derivative* plasma darah



Gambar 4.4 Hasil *second derivative* plasma darah

Pada gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa pada panjang gelombang 8.77 μm menghasilkan peak yang berbeda dibanding dengan peak-peak yang lain dimana pada peak ini nilai derivative kedua berada pada panjang gelombang yang sama yaitu pada panjang gelombang 8.77 μm dari masing-masing konsentrasi. Pada gambar 4.5 menandakan adanya perbedaan regangan vibrasi gugus fungsi C-O dari glukosa masing-masing konsentrasi dimana pada konsentrasi 301 mg/dl memiliki nilai derivative kedua tertinggi dibanding dengan konsentrasi yang lainnya.



Gambar 4.5 Penciri spectral plasma darah pada rentang 8.6 μm - 8.9 μm

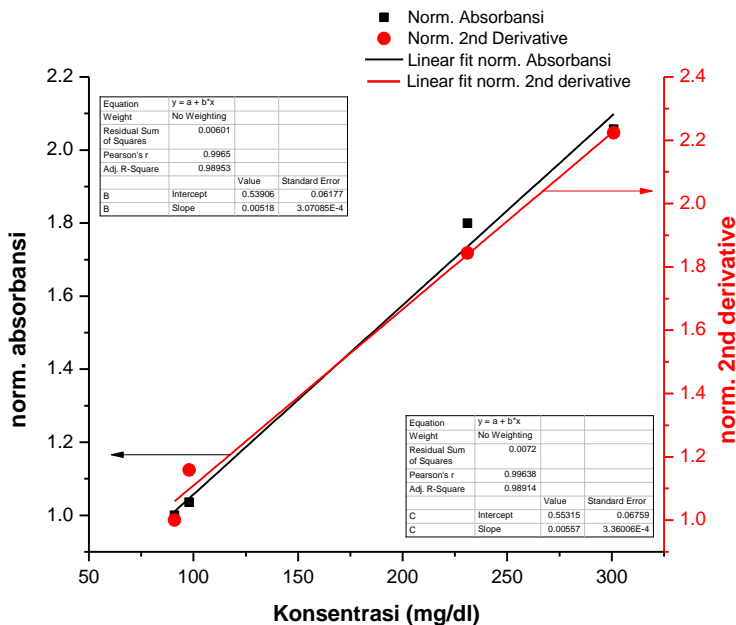
Pada gambar 4.5 bahwa garis berwarna ungu (301 mg/dl) menghasilkan peak tertinggi karena pada konsentrasi ini memiliki ikatan molekul C-O yang kuat sehingga nilai absorbansi pada konsentrasi 301 mg/dl lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi yang lainnya.

4.3 Luas Area di Bawah Kurva

Telah dilakukan juga perhitungan luas area kurva dari masing-masing konsentrasi dengan rentang panjang gelombang 8.6 μm – 8.9 μm .

Tabel 4.1 Normalisasi luas kurva

Luas Kurva (Count)	91 mg/dl	98 mg/dl	231 mg/dl	301 mg/dl
Norm. Absorbansi	1	1.035746	1.799226	2.056504
Norm.2 nd Derivative	1	1.158505	1.843861	2.223027

**Gambar 4.6** Grafik luas kurva

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa konsentrasi 301 mg/dl memiliki luas area kurva terbesar dibanding dengan konsentrasi yang lain. Dari teori yang ada bahwa semakin tinggi konsentrasi, semakin besar absorbansi. Dapat dilihat pada tabel 4.1 terjadi kenaikan luasan kurva seiring dengan semakin tingginya jumlah konsentrasi glukosa yaitu pada konsentrasi 91 mg/dl sampai konsentrasi 301 mg/dl. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan hukum *Beer-Lambert*, $A = \epsilon bc$ yaitu

peningkatan konsentrasi glukosa pada plasma darah disertai dengan peningkatan absorpsi dimana pada konsentrasi 301mg/dl memiliki ikatan C-O.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A

HASIL DATA FTIR

1. Data konsentrasi 91 mg/dl

λ (μm)	A	$dA/d\lambda$	$d^2A/d^2\lambda$
1.11E+01	0.0062741	8.07E-04	
1.11E+01	0.0062549	1.56E-03	-3.17E-02
1.11E+01	0.0062181	1.53E-03	1.50E-03
1.10E+01	0.0061822	1.04E-03	2.12E-02
1.10E+01	0.0061578	1.57E-04	3.80E-02
1.10E+01	0.0061541	-9.47E-04	4.76E-02
1.10E+01	0.0061761	-2.14E-03	5.16E-02
1.09E+01	0.0062257	-3.34E-03	5.15E-02
1.09E+01	0.0063026	-4.46E-03	4.82E-02
1.09E+01	0.0064048	-5.48E-03	4.40E-02
1.09E+01	0.00653	-6.04E-03	2.36E-02
1.08E+01	0.0066673	-6.45E-03	1.71E-02
1.08E+01	0.0068134	-6.61E-03	5.80E-03
1.08E+01	0.0069625	-6.20E-03	-1.95E-02
1.08E+01	0.0071017	-5.34E-03	-3.96E-02
1.08E+01	0.0072211	-4.10E-03	-5.65E-02
1.07E+01	0.0073124	-2.67E-03	-6.53E-02
1.07E+01	0.0073716	-1.15E-03	-6.92E-02
1.07E+01	0.0073971	2.28E-04	-6.31E-02
1.07E+01	0.0073921	1.36E-03	-5.18E-02
1.06E+01	0.0073622	2.39E-03	-4.68E-02
1.06E+01	0.0073101	3.14E-03	-3.40E-02
1.06E+01	0.0072419	3.93E-03	-3.58E-02

1.06E+01	0.0071569	4.38E-03	-2.01E-02
1.06E+01	0.0070626	4.63E-03	-1.08E-02
1.05E+01	0.0069633	4.64E-03	3.49E-04
1.05E+01	0.0068642	4.36E-03	1.38E-02
1.05E+01	0.0067713	3.67E-03	3.33E-02
1.05E+01	0.0066934	2.51E-03	5.57E-02
1.05E+01	0.0066404	1.04E-03	7.03E-02
1.04E+01	0.0066184	-5.91E-04	7.81E-02
1.04E+01	0.0066308	-2.37E-03	8.53E-02
1.04E+01	0.0066803	-3.80E-03	6.82E-02
1.04E+01	0.0067593	-5.19E-03	6.66E-02
1.03E+01	0.0068668	-6.38E-03	5.68E-02
1.03E+01	0.0069984	-7.60E-03	5.78E-02
1.03E+01	0.0071544	-8.68E-03	5.14E-02
1.03E+01	0.0073319	-9.81E-03	5.40E-02
1.03E+01	0.0075318	-1.11E-02	5.98E-02
1.02E+01	0.0077564	-1.23E-02	5.86E-02
1.02E+01	0.0080048	-1.33E-02	4.88E-02
1.02E+01	0.0082731	-1.41E-02	3.44E-02
1.02E+01	0.0085551	-1.43E-02	8.49E-03
1.02E+01	0.0088406	-1.42E-02	-7.68E-03
1.01E+01	0.009123	-1.35E-02	-3.88E-02
1.01E+01	0.0093902	-1.25E-02	-5.16E-02
1.01E+01	0.0096373	-1.13E-02	-6.50E-02
1.01E+01	0.0098592	-1.03E-02	-5.32E-02
1.01E+01	0.0100607	-9.69E-03	-3.27E-02
1.00E+01	0.0102498	-9.72E-03	-5.36E-04
1.00E+01	0.0104387	-1.04E-02	3.29E-02
1.00E+01	0.0106399	-1.15E-02	5.79E-02
9.99E+00	0.0108627	-1.30E-02	7.25E-02

9.97E+00	0.0111121	-1.46E-02	8.26E-02
9.95E+00	0.0113919	-1.61E-02	7.48E-02
9.93E+00	0.0116988	-1.77E-02	7.86E-02
9.91E+00	0.012034	-1.91E-02	7.22E-02
9.89E+00	0.0123951	-2.06E-02	7.60E-02
9.88E+00	0.0127832	-2.23E-02	8.55E-02
9.86E+00	0.0132014	-2.47E-02	1.23E-01
9.84E+00	0.0136627	-2.74E-02	1.42E-01
9.82E+00	0.0141733	-3.00E-02	1.36E-01
9.80E+00	0.0147306	-3.22E-02	1.13E-01
9.78E+00	0.0153265	-3.36E-02	6.88E-02
9.76E+00	0.0159457	-3.37E-02	-5.76E-04
9.75E+00	0.0165648	-3.25E-02	-7.47E-02
9.73E+00	0.0171589	-2.97E-02	-1.62E-01
9.71E+00	0.017699	-2.57E-02	-2.23E-01
9.69E+00	0.0181659	-2.11E-02	-2.60E-01
9.67E+00	0.0185476	-1.68E-02	-2.46E-01
9.66E+00	0.0188494	-1.29E-02	-2.19E-01
9.64E+00	0.0190808	-9.90E-03	-1.70E-01
9.62E+00	0.0192579	-7.76E-03	-1.22E-01
9.60E+00	0.0193962	-6.50E-03	-7.28E-02
9.58E+00	0.0195115	-6.13E-03	-2.21E-02
9.57E+00	0.01962	-6.49E-03	1.90E-02
9.55E+00	0.0197343	-7.17E-03	3.75E-02
9.53E+00	0.0198603	-8.20E-03	5.70E-02
9.51E+00	0.0200036	-9.26E-03	5.93E-02
9.50E+00	0.0201649	-1.07E-02	8.25E-02
9.48E+00	0.0203511	-1.23E-02	9.16E-02
9.46E+00	0.0205647	-1.43E-02	1.10E-01
9.44E+00	0.0208111	-1.61E-02	1.02E-01

9.43E+00	0.0210874	-1.77E-02	9.15E-02
9.41E+00	0.0213906	-1.90E-02	6.89E-02
9.39E+00	0.0217137	-1.94E-02	2.09E-02
9.38E+00	0.0220429	-1.86E-02	-5.03E-02
9.36E+00	0.0223577	-1.64E-02	-1.32E-01
9.34E+00	0.0226348	-1.27E-02	-2.27E-01
9.33E+00	0.022848	-7.67E-03	-3.02E-01
9.31E+00	0.0229763	-1.47E-03	-3.73E-01
9.29E+00	0.0230008	4.91E-03	-3.84E-01
9.28E+00	0.0229191	1.11E-02	-3.74E-01
9.26E+00	0.0227349	1.62E-02	-3.05E-01
9.24E+00	0.0224675	1.98E-02	-2.13E-01
9.23E+00	0.0221424	2.15E-02	-9.90E-02
9.21E+00	0.0217907	2.12E-02	1.86E-02
9.19E+00	0.021444	1.94E-02	1.15E-01
9.18E+00	0.0211276	1.66E-02	1.81E-01
9.16E+00	0.0208589	1.30E-02	2.24E-01
9.14E+00	0.0206486	9.67E-03	2.11E-01
9.13E+00	0.0204929	6.92E-03	1.74E-01
9.11E+00	0.020382	5.33E-03	1.01E-01
9.10E+00	0.0202968	4.51E-03	5.25E-02
9.08E+00	0.0202249	4.76E-03	-1.45E-02
9.06E+00	0.0201494	5.54E-03	-4.83E-02
9.05E+00	0.0200617	6.65E-03	-6.93E-02
9.03E+00	0.0199569	7.82E-03	-7.26E-02
9.02E+00	0.0198341	8.70E-03	-5.48E-02
9.00E+00	0.0196979	8.85E-03	-7.83E-03
8.99E+00	0.0195598	8.53E-03	2.30E-02
8.97E+00	0.0194272	7.87E-03	4.44E-02
8.95E+00	0.0193054	7.37E-03	3.38E-02

8.94E+00	0.0191915	6.85E-03	3.57E-02
8.92E+00	0.0190862	6.80E-03	4.55E-03
8.91E+00	0.0189819	6.84E-03	-1.19E-03
8.89E+00	0.0188773	7.18E-03	-2.03E-02
8.88E+00	0.018768	7.44E-03	-1.59E-02
8.86E+00	0.018655	7.62E-03	-9.72E-03
8.85E+00	0.0185398	7.30E-03	2.24E-02
8.83E+00	0.0184298	6.44E-03	5.89E-02
8.82E+00	0.018333	4.79E-03	1.12E-01
8.80E+00	0.0182612	2.77E-03	1.37E-01
8.79E+00	0.0182198	2.77E-04	1.68E-01
8.77E+00	0.0182157	-2.21E-03	1.68E-01
8.76E+00	0.0182485	-4.92E-03	1.83E-01
8.74E+00	0.0183211	-7.24E-03	1.56E-01
8.73E+00	0.0184277	-9.27E-03	1.37E-01
8.71E+00	0.0185637	-1.04E-02	7.82E-02
8.70E+00	0.0187164	-1.06E-02	1.14E-02
8.68E+00	0.0188716	-9.76E-03	-6.36E-02
8.67E+00	0.0190134	-8.32E-03	-1.02E-01
8.66E+00	0.0191338	-6.43E-03	-1.33E-01
8.64E+00	0.0192266	-4.26E-03	-1.52E-01
8.63E+00	0.0192878	-1.63E-03	-1.84E-01
8.61E+00	0.0193112	1.13E-03	-1.94E-01
8.60E+00	0.019295	4.63E-03	-2.45E-01
8.58E+00	0.0192291	8.41E-03	-2.65E-01
8.57E+00	0.0191098	1.27E-02	-2.99E-01
8.56E+00	0.0189308	1.68E-02	-2.93E-01
8.54E+00	0.0186935	2.07E-02	-2.69E-01
8.53E+00	0.018403	2.32E-02	-1.74E-01
8.51E+00	0.0180785	2.37E-02	-3.44E-02

8.50E+00	0.0177472	2.18E-02	1.41E-01
8.49E+00	0.0174434	1.78E-02	3.00E-01
8.47E+00	0.0171972	1.20E-02	4.19E-01
8.46E+00	0.0170312	5.80E-03	4.54E-01
8.44E+00	0.0169513	-7.73E-04	4.80E-01
8.43E+00	0.0169619	-6.37E-03	4.09E-01
8.42E+00	0.017049	-1.09E-02	3.32E-01
8.40E+00	0.017198	-1.39E-02	2.18E-01
8.39E+00	0.0173872	-1.59E-02	1.46E-01
8.38E+00	0.0176032	-1.71E-02	8.40E-02
8.36E+00	0.0178345	-1.83E-02	8.11E-02
8.35E+00	0.0180806	-1.96E-02	9.36E-02
8.34E+00	0.0183435	-2.11E-02	1.08E-01
8.32E+00	0.0186258	2.24E-03	-2.73E-04

2. Data konsentrasi 98 mg/dl

λ (μm)	A	$dA/d\lambda$	$d^2A/d^2\lambda$
1.11E+01	0.0072278	9.46E-03	
1.11E+01	0.0070034	1.02E-02	-3.00E-02
1.11E+01	0.0067623	1.06E-02	-1.66E-02
1.10E+01	0.0065121	1.00E-02	2.75E-02
1.10E+01	0.0062769	8.98E-03	4.74E-02
1.10E+01	0.0060675	7.47E-03	6.67E-02
1.10E+01	0.005894	5.93E-03	6.79E-02
1.09E+01	0.0057569	4.19E-03	7.68E-02
1.09E+01	0.0056605	2.24E-03	8.57E-02
1.09E+01	0.0056092	-2.50E-06	9.85E-02
1.09E+01	0.0056092	-1.99E-03	8.76E-02
1.08E+01	0.0056546	-3.49E-03	6.55E-02

1.08E+01	0.0057335	-4.36E-03	3.82E-02
1.08E+01	0.0058318	-4.64E-03	1.18E-02
1.08E+01	0.0059361	-4.12E-03	-2.45E-02
1.08E+01	0.0060281	-3.15E-03	-4.40E-02
1.07E+01	0.0060983	-1.21E-03	-8.80E-02
1.07E+01	0.0061253	1.16E-03	-1.08E-01
1.07E+01	0.0060997	3.54E-03	-1.08E-01
1.07E+01	0.0060217	5.29E-03	-7.91E-02
1.06E+01	0.0059059	6.49E-03	-5.41E-02
1.06E+01	0.0057642	7.14E-03	-2.84E-02
1.06E+01	0.0056092	7.62E-03	-2.10E-02
1.06E+01	0.0054443	7.83E-03	-8.50E-03
1.06E+01	0.0052755	7.57E-03	1.37E-02
1.05E+01	0.005113	6.95E-03	3.07E-02
1.05E+01	0.0049646	6.35E-03	2.91E-02
1.05E+01	0.0048293	5.43E-03	4.47E-02
1.05E+01	0.0047141	4.57E-03	4.20E-02
1.05E+01	0.0046176	3.21E-03	6.55E-02
1.04E+01	0.0045501	1.67E-03	7.41E-02
1.04E+01	0.0045151	3.51E-05	7.87E-02
1.04E+01	0.0045143	-1.31E-03	6.48E-02
1.04E+01	0.0045416	-2.53E-03	5.86E-02
1.03E+01	0.0045939	-3.61E-03	5.21E-02
1.03E+01	0.0046684	-4.67E-03	5.08E-02
1.03E+01	0.0047643	-5.88E-03	5.82E-02
1.03E+01	0.0048846	-7.19E-03	6.33E-02
1.03E+01	0.0050311	-8.34E-03	5.49E-02
1.02E+01	0.0052002	-9.87E-03	7.45E-02
1.02E+01	0.0053998	-1.12E-02	6.32E-02
1.02E+01	0.005625	-1.24E-02	5.88E-02

1.02E+01	0.0058738	-1.30E-02	2.84E-02
1.02E+01	0.006134	-1.32E-02	8.28E-03
1.01E+01	0.0063974	-1.31E-02	-8.95E-03
1.01E+01	0.0066573	-1.27E-02	-2.56E-02
1.01E+01	0.0069073	-1.20E-02	-3.82E-02
1.01E+01	0.0071424	-1.12E-02	-4.05E-02
1.01E+01	0.0073621	-1.08E-02	-2.44E-02
1.00E+01	0.0075724	-1.10E-02	8.69E-03
1.00E+01	0.0077861	-1.14E-02	2.00E-02
1.00E+01	0.0080072	-1.24E-02	4.93E-02
9.99E+00	0.0082467	-1.33E-02	4.16E-02
9.97E+00	0.0085015	-1.42E-02	4.85E-02
9.95E+00	0.0087741	-1.50E-02	3.82E-02
9.93E+00	0.0090606	-1.57E-02	3.10E-02
9.91E+00	0.0093583	-1.62E-02	2.42E-02
9.89E+00	0.0096646	-1.67E-02	2.50E-02
9.88E+00	0.0099798	-1.78E-02	5.40E-02
9.86E+00	0.0103141	-1.97E-02	9.90E-02
9.84E+00	0.010683	-2.24E-02	1.39E-01
9.82E+00	0.0111002	-2.57E-02	1.74E-01
9.80E+00	0.0115775	-2.86E-02	1.51E-01
9.78E+00	0.0121067	-3.12E-02	1.35E-01
9.76E+00	0.0126816	-3.27E-02	7.31E-02
9.75E+00	0.0132812	-3.32E-02	2.07E-02
9.73E+00	0.0138877	-3.20E-02	-7.11E-02
9.71E+00	0.0144706	-2.93E-02	-1.58E-01
9.69E+00	0.0150015	-2.57E-02	-2.04E-01
9.67E+00	0.0154657	-2.19E-02	-2.16E-01
9.66E+00	0.0158598	-1.84E-02	-2.01E-01
9.64E+00	0.0161892	-1.54E-02	-1.67E-01

9.62E+00	0.0164652	-1.31E-02	-1.34E-01
9.60E+00	0.0166988	-1.19E-02	-7.08E-02
9.58E+00	0.01691	-1.13E-02	-3.56E-02
9.57E+00	0.0171102	-1.18E-02	2.52E-02
9.55E+00	0.0173181	-1.24E-02	2.92E-02
9.53E+00	0.0175351	-1.32E-02	4.39E-02
9.51E+00	0.0177654	-1.39E-02	4.15E-02
9.50E+00	0.0180084	-1.47E-02	4.23E-02
9.48E+00	0.0182641	-1.57E-02	5.25E-02
9.46E+00	0.0185355	-1.68E-02	6.16E-02
9.44E+00	0.0188252	-1.79E-02	5.88E-02
9.43E+00	0.0191322	-1.91E-02	6.46E-02
9.41E+00	0.0194582	-1.99E-02	4.65E-02
9.39E+00	0.0197976	-2.07E-02	4.50E-02
9.38E+00	0.02015	-2.07E-02	-8.44E-03
9.36E+00	0.0205	-1.99E-02	-5.32E-02
9.34E+00	0.0208349	-1.74E-02	-1.49E-01
9.33E+00	0.0211278	-1.39E-02	-2.18E-01
9.31E+00	0.0213597	-9.19E-03	-2.82E-01
9.29E+00	0.0215129	-3.59E-03	-3.39E-01
9.28E+00	0.0215726	2.44E-03	-3.65E-01
9.26E+00	0.0215322	8.09E-03	-3.41E-01
9.24E+00	0.0213987	1.29E-02	-2.93E-01
9.23E+00	0.021186	1.62E-02	-1.96E-01
9.21E+00	0.0209208	1.79E-02	-9.93E-02
9.19E+00	0.0206291	1.73E-02	3.77E-02
9.18E+00	0.0203473	1.54E-02	1.22E-01
9.16E+00	0.0200975	1.20E-02	2.14E-01
9.14E+00	0.0199035	8.37E-03	2.29E-01
9.13E+00	0.0197689	4.91E-03	2.17E-01

9.11E+00	0.0196901	2.34E-03	1.62E-01
9.10E+00	0.0196527	9.81E-04	8.58E-02
9.08E+00	0.0196371	1.07E-03	-5.10E-03
9.06E+00	0.0196202	2.17E-03	-6.97E-02
9.05E+00	0.0195858	4.07E-03	-1.20E-01
9.03E+00	0.0195217	5.72E-03	-1.04E-01
9.02E+00	0.0194319	7.26E-03	-9.75E-02
9.00E+00	0.0193182	7.80E-03	-3.24E-02
8.99E+00	0.0191965	8.04E-03	-1.37E-02
8.97E+00	0.0190716	7.58E-03	3.12E-02
8.95E+00	0.0189541	7.38E-03	1.50E-02
8.94E+00	0.0188403	7.52E-03	-7.71E-03
8.92E+00	0.0187246	8.24E-03	-4.54E-02
8.91E+00	0.0185982	9.46E-03	-7.80E-02
8.89E+00	0.0184536	1.13E-02	-1.21E-01
8.88E+00	0.018281	1.29E-02	-9.78E-02
8.86E+00	0.018086	1.39E-02	-6.46E-02
8.85E+00	0.0178761	1.35E-02	2.87E-02
8.83E+00	0.0176728	1.20E-02	1.03E-01
8.82E+00	0.0174927	8.56E-03	2.32E-01
8.80E+00	0.0173646	4.17E-03	2.96E-01
8.79E+00	0.0173023	-1.36E-03	3.73E-01
8.77E+00	0.0173225	-7.05E-03	3.84E-01
8.76E+00	0.017427	-1.24E-02	3.58E-01
8.74E+00	0.0176095	-1.65E-02	2.80E-01
8.73E+00	0.0178527	-1.95E-02	1.98E-01
8.71E+00	0.0181386	-2.07E-02	7.85E-02
8.70E+00	0.0184412	-2.05E-02	-1.62E-02
8.68E+00	0.0187404	-1.87E-02	-1.32E-01
8.67E+00	0.0190119	-1.65E-02	-1.55E-01

8.66E+00	0.0192509	-1.40E-02	-1.76E-01
8.64E+00	0.0194532	-1.21E-02	-1.35E-01
8.63E+00	0.0196277	-9.96E-03	-1.55E-01
8.61E+00	0.0197704	-7.69E-03	-1.61E-01
8.60E+00	0.0198803	-4.41E-03	-2.33E-01
8.58E+00	0.019943	-1.05E-04	-3.04E-01
8.57E+00	0.0199445	5.23E-03	-3.77E-01
8.56E+00	0.0198705	1.11E-02	-4.17E-01
8.54E+00	0.0197137	1.73E-02	-4.37E-01
8.53E+00	0.0194707	2.17E-02	-3.12E-01
8.51E+00	0.0191666	2.38E-02	-1.44E-01
8.50E+00	0.0188343	2.22E-02	1.24E-01
8.49E+00	0.0185262	1.76E-02	3.31E-01
8.47E+00	0.0182816	1.05E-02	5.18E-01
8.46E+00	0.018136	2.90E-03	5.57E-01
8.44E+00	0.018096	-4.84E-03	5.64E-01
8.43E+00	0.0181625	-1.14E-02	4.80E-01
8.42E+00	0.0183189	-1.66E-02	3.75E-01
8.40E+00	0.018545	-1.98E-02	2.36E-01
8.39E+00	0.0188148	-2.20E-02	1.54E-01
8.38E+00	0.0191128	-2.30E-02	7.21E-02
8.36E+00	0.019424	-2.43E-02	9.08E-02
8.35E+00	0.0197516	-2.52E-02	6.09E-02
8.34E+00	0.0200903	-2.67E-02	1.00E-01
8.32E+00	0.0204468	2.46E-03	-3.00E-04

3. Data konsentrasi 231 mg/dl

λ (μm)	A	$dA/d\lambda$	$d^2A/d^2\lambda$
1.11E+01	0.0101803	6.37E-03	

1.11E+01	0.0100291	9.69E-03	-1.39E-01
1.11E+01	0.0098002	9.88E-03	-6.22E-03
1.10E+01	0.0095678	8.52E-03	5.98E-02
1.10E+01	0.0093682	8.62E-03	-2.42E-03
1.10E+01	0.0091672	5.68E-03	1.28E-01
1.10E+01	0.0090353	5.04E-03	2.86E-02
1.09E+01	0.0089187	3.08E-03	8.62E-02
1.09E+01	0.0088478	1.76E-03	5.79E-02
1.09E+01	0.0088073	1.37E-03	1.74E-02
1.09E+01	0.008776	-1.33E-03	1.19E-01
1.08E+01	0.0088063	-1.84E-04	-5.10E-02
1.08E+01	0.0088105	-2.82E-03	1.17E-01
1.08E+01	0.0088741	-2.35E-03	-2.14E-02
1.08E+01	0.0089268	-1.65E-03	-3.19E-02
1.08E+01	0.0089637	-1.65E-04	-6.68E-02
1.07E+01	0.0089673	1.97E-03	-9.61E-02
1.07E+01	0.0089237	2.37E-03	-1.81E-02
1.07E+01	0.0088713	4.56E-03	-9.89E-02
1.07E+01	0.008771	4.88E-03	-1.36E-02
1.06E+01	0.0086642	4.75E-03	6.60E-03
1.06E+01	0.0085605	5.27E-03	-2.31E-02
1.06E+01	0.0084459	2.66E-03	1.22E-01
1.06E+01	0.0083883	4.30E-03	-7.58E-02
1.06E+01	0.0082955	3.35E-03	4.53E-02
1.05E+01	0.0082236	4.71E-03	-6.28E-02
1.05E+01	0.008123	3.37E-03	6.37E-02
1.05E+01	0.0080513	2.34E-03	4.94E-02
1.05E+01	0.0080017	2.65E-03	-1.43E-02
1.05E+01	0.0079458	-5.67E-04	1.53E-01
1.04E+01	0.0079578	-1.37E-03	3.81E-02

1.04E+01	0.0079864	-3.04E-03	7.98E-02
1.04E+01	0.0080498	-4.80E-03	8.43E-02
1.04E+01	0.0081496	-4.07E-03	-3.63E-02
1.03E+01	0.0082338	-5.98E-03	9.17E-02
1.03E+01	0.0083571	-3.92E-03	-1.02E-01
1.03E+01	0.0084375	-7.67E-03	1.83E-01
1.03E+01	0.0085943	-8.81E-03	5.47E-02
1.03E+01	0.0087738	-9.84E-03	4.91E-02
1.02E+01	0.0089735	-1.32E-02	1.62E-01
1.02E+01	0.0092395	-1.46E-02	6.67E-02
1.02E+01	0.0095326	-1.95E-02	2.45E-01
1.02E+01	0.0099241	-2.09E-02	6.36E-02
1.02E+01	0.0103411	-2.11E-02	7.50E-03
1.01E+01	0.010761	-2.08E-02	-1.87E-02
1.01E+01	0.0111736	-1.65E-02	-2.23E-01
1.01E+01	0.0114992	-1.73E-02	3.71E-02
1.01E+01	0.0118392	-1.34E-02	-2.03E-01
1.01E+01	0.0121012	-1.35E-02	3.34E-03
1.00E+01	0.0123646	-1.49E-02	6.75E-02
1.00E+01	0.0126534	-1.80E-02	1.60E-01
1.00E+01	0.0130021	-2.49E-02	3.51E-01
9.99E+00	0.0134814	-2.83E-02	1.75E-01
9.97E+00	0.0140252	-3.42E-02	3.02E-01
9.95E+00	0.0146796	-3.71E-02	1.48E-01
9.93E+00	0.0153877	-3.78E-02	2.47E-02
9.91E+00	0.0161048	-3.95E-02	8.38E-02
9.89E+00	0.0168519	-3.66E-02	-1.63E-01
9.88E+00	0.0175409	-4.01E-02	1.79E-01
9.86E+00	0.0182931	-4.07E-02	2.40E-02
9.84E+00	0.0190538	-4.57E-02	2.63E-01

9.82E+00	0.0199057	-5.12E-02	2.87E-01
9.80E+00	0.0208566	-5.66E-02	2.81E-01
9.78E+00	0.0219035	-6.43E-02	4.08E-01
9.76E+00	0.0230887	-6.49E-02	2.00E-02
9.75E+00	0.0242807	-6.30E-02	-1.21E-01
9.73E+00	0.0254322	-5.63E-02	-3.82E-01
9.71E+00	0.026457	-4.44E-02	-6.67E-01
9.69E+00	0.0272619	-3.61E-02	-4.64E-01
9.67E+00	0.0279152	-2.38E-02	-6.93E-01
9.66E+00	0.0283438	-1.81E-02	-3.22E-01
9.64E+00	0.0286686	-1.17E-02	-3.63E-01
9.62E+00	0.0288772	-1.11E-02	-3.46E-02
9.60E+00	0.0290748	-1.22E-02	5.89E-02
9.58E+00	0.0292911	-1.04E-02	-1.03E-01
9.57E+00	0.0294751	-1.26E-02	1.22E-01
9.55E+00	0.0296969	-1.22E-02	-2.62E-02
9.53E+00	0.0299107	-1.29E-02	3.93E-02
9.51E+00	0.0301365	-1.35E-02	3.35E-02
9.50E+00	0.0303724	-1.11E-02	-1.41E-01
9.48E+00	0.030566	-1.38E-02	1.52E-01
9.46E+00	0.030805	-1.30E-02	-4.90E-02
9.44E+00	0.0310295	-1.74E-02	2.53E-01
9.43E+00	0.0313286	-1.86E-02	6.34E-02
9.41E+00	0.0316463	-2.01E-02	8.55E-02
9.39E+00	0.0319888	-2.45E-02	2.55E-01
9.38E+00	0.032405	-2.69E-02	1.37E-01
9.36E+00	0.0328602	-2.93E-02	1.37E-01
9.34E+00	0.0333546	-2.57E-02	-2.19E-01
9.33E+00	0.0337872	-1.93E-02	-3.89E-01
9.31E+00	0.0341108	-1.08E-02	-5.15E-01

9.29E+00	0.034291	3.02E-03	-8.34E-01
9.28E+00	0.0342408	1.35E-02	-6.34E-01
9.26E+00	0.0340168	2.99E-02	-9.91E-01
9.24E+00	0.0335229	3.95E-02	-5.78E-01
9.23E+00	0.0328727	4.48E-02	-3.10E-01
9.21E+00	0.0321393	4.24E-02	1.56E-01
9.19E+00	0.0314476	3.44E-02	4.99E-01
9.18E+00	0.0308881	2.55E-02	5.57E-01
9.16E+00	0.0304751	1.38E-02	7.31E-01
9.14E+00	0.0302529	5.56E-03	5.12E-01
9.13E+00	0.0301634	-2.30E-03	4.91E-01
9.11E+00	0.0302003	-7.84E-03	3.46E-01
9.10E+00	0.0303256	-4.86E-03	-1.89E-01
9.08E+00	0.030403	-5.37E-03	3.13E-02
9.06E+00	0.0304882	8.53E-04	-3.95E-01
9.05E+00	0.0304747	2.70E-03	-1.17E-01
9.03E+00	0.0304321	6.23E-03	-2.24E-01
9.02E+00	0.0303343	1.02E-02	-2.54E-01
9.00E+00	0.0301743	1.21E-02	-1.17E-01
8.99E+00	0.0299858	1.52E-02	-1.97E-01
8.97E+00	0.0297496	1.26E-02	1.71E-01
8.95E+00	0.0295545	1.28E-02	-7.82E-03
8.94E+00	0.0293575	1.39E-02	-7.09E-02
8.92E+00	0.0291437	1.19E-02	1.30E-01
8.91E+00	0.0289606	1.73E-02	-3.47E-01
8.89E+00	0.0286965	1.65E-02	5.67E-02
8.88E+00	0.0284456	2.15E-02	-3.28E-01
8.86E+00	0.0281191	2.34E-02	-1.23E-01
8.85E+00	0.0277646	2.43E-02	-5.43E-02
8.83E+00	0.0273977	2.27E-02	1.13E-01

8.82E+00	0.0270564	1.61E-02	4.47E-01
8.80E+00	0.0268153	1.14E-02	3.17E-01
8.79E+00	0.0266448	1.62E-03	6.62E-01
8.77E+00	0.0266207	-8.96E-03	7.14E-01
8.76E+00	0.0267535	-1.41E-02	3.44E-01
8.74E+00	0.0269614	-2.17E-02	5.18E-01
8.73E+00	0.0272814	-2.10E-02	-5.90E-02
8.71E+00	0.0275888	-2.35E-02	1.69E-01
8.70E+00	0.0279324	-1.97E-02	-2.66E-01
8.68E+00	0.0282195	-1.73E-02	-1.67E-01
8.67E+00	0.0284714	-1.36E-02	-2.65E-01
8.66E+00	0.0286676	-7.70E-03	-4.09E-01
8.64E+00	0.0287788	-5.17E-03	-1.78E-01
8.63E+00	0.028853	-3.58E-04	-3.37E-01
8.61E+00	0.0288582	3.30E-03	-2.56E-01
8.60E+00	0.0288111	3.85E-03	-3.80E-02
8.58E+00	0.0287563	9.77E-03	-4.16E-01
8.57E+00	0.0286177	1.35E-02	-2.61E-01
8.56E+00	0.0284268	2.58E-02	-8.68E-01
8.54E+00	0.0280636	3.22E-02	-4.49E-01
8.53E+00	0.0276119	3.92E-02	-4.97E-01
8.51E+00	0.0270626	4.20E-02	-1.92E-01
8.50E+00	0.026476	3.96E-02	1.84E-01
8.49E+00	0.025925	3.31E-02	4.81E-01
8.47E+00	0.0254664	1.86E-02	1.06E+00
8.46E+00	0.0252096	3.95E-03	1.07E+00
8.44E+00	0.0251551	-7.62E-03	8.44E-01
8.43E+00	0.0252598	-1.82E-02	7.74E-01
8.42E+00	0.0255094	-1.97E-02	1.02E-01
8.40E+00	0.0257779	-2.42E-02	3.27E-01

8.39E+00	0.0261069	-2.16E-02	-1.96E-01
8.38E+00	0.0264	-2.40E-02	1.73E-01
8.36E+00	0.0267247	-2.44E-02	2.09E-02
8.35E+00	0.0270533	-2.73E-02	2.12E-01
8.34E+00	0.0274199	-3.10E-02	2.65E-01
8.32E+00	0.0278341	3.34E-03	-4.08E-04

4. Data konsentrasi 301 mg/dl

λ (μm)	A	$dA/d\lambda$	$d^2A/d^2\lambda$
1.11E+01	0.0146794	1.62E-02	
1.11E+01	0.0142957	1.66E-02	-1.36E-02
1.11E+01	0.0139044	1.61E-02	2.13E-02
1.10E+01	0.0135249	1.53E-02	3.73E-02
1.10E+01	0.0131658	1.38E-02	6.86E-02
1.10E+01	0.0128441	1.15E-02	1.01E-01
1.10E+01	0.0125768	8.18E-03	1.46E-01
1.09E+01	0.0123876	5.28E-03	1.28E-01
1.09E+01	0.012266	2.72E-03	1.13E-01
1.09E+01	0.0122038	4.67E-04	9.90E-02
1.09E+01	0.0121931	-1.41E-03	8.28E-02
1.08E+01	0.0122252	-2.30E-03	3.90E-02
1.08E+01	0.0122774	-2.43E-03	5.41E-03
1.08E+01	0.0123322	-1.03E-03	-6.29E-02
1.08E+01	0.0123554	1.47E-03	-1.12E-01
1.08E+01	0.0123226	4.54E-03	-1.38E-01
1.07E+01	0.0122215	7.33E-03	-1.25E-01
1.07E+01	0.0120589	1.02E-02	-1.30E-01
1.07E+01	0.0118327	1.19E-02	-7.54E-02
1.07E+01	0.0115701	1.27E-02	-3.15E-02

1.06E+01	0.0112923	1.26E-02	4.53E-03
1.06E+01	0.0110166	1.28E-02	-5.81E-03
1.06E+01	0.0107382	1.26E-02	1.27E-02
1.06E+01	0.0104658	1.19E-02	3.37E-02
1.06E+01	0.010209	1.07E-02	5.87E-02
1.05E+01	0.0099793	9.56E-03	5.57E-02
1.05E+01	0.009775	8.37E-03	5.74E-02
1.05E+01	0.0095967	8.02E-03	1.85E-02
1.05E+01	0.0094268	7.13E-03	4.35E-02
1.05E+01	0.0092762	5.54E-03	7.72E-02
1.04E+01	0.0091598	3.35E-03	1.05E-01
1.04E+01	0.0090896	1.21E-03	1.03E-01
1.04E+01	0.0090644	-1.46E-03	1.29E-01
1.04E+01	0.0090947	-3.95E-03	1.20E-01
1.03E+01	0.0091766	-6.41E-03	1.18E-01
1.03E+01	0.0093086	-8.34E-03	9.31E-02
1.03E+01	0.00948	-1.06E-02	1.07E-01
1.03E+01	0.009696	-1.30E-02	1.17E-01
1.03E+01	0.0099606	-1.60E-02	1.43E-01
1.02E+01	0.0102843	-1.85E-02	1.21E-01
1.02E+01	0.0106574	-2.03E-02	8.82E-02
1.02E+01	0.0110663	-2.07E-02	1.79E-02
1.02E+01	0.0114823	-2.05E-02	-1.64E-02
1.02E+01	0.0118919	-1.94E-02	-5.96E-02
1.01E+01	0.0122778	-1.79E-02	-7.96E-02
1.01E+01	0.0126324	-1.58E-02	-1.10E-01
1.01E+01	0.0129442	-1.36E-02	-1.14E-01
1.01E+01	0.013212	-1.20E-02	-8.33E-02
1.01E+01	0.0134479	-1.19E-02	-7.40E-03
1.00E+01	0.013681	-1.34E-02	7.46E-02

1.00E+01	0.0139422	-1.74E-02	2.01E-01
1.00E+01	0.0142788	-2.23E-02	2.50E-01
9.99E+00	0.0147083	-2.72E-02	2.51E-01
9.97E+00	0.0152303	-3.10E-02	1.93E-01
9.95E+00	0.0158231	-3.37E-02	1.35E-01
9.93E+00	0.0164648	-3.51E-02	6.84E-02
9.91E+00	0.0171311	-3.64E-02	6.43E-02
9.89E+00	0.0178205	-3.82E-02	8.56E-02
9.88E+00	0.0185403	-4.09E-02	1.39E-01
9.86E+00	0.0193091	-4.45E-02	1.81E-01
9.84E+00	0.0201411	-4.91E-02	2.37E-01
9.82E+00	0.0210556	-5.39E-02	2.52E-01
9.80E+00	0.0220569	-5.92E-02	2.73E-01
9.78E+00	0.0231515	-6.34E-02	2.16E-01
9.76E+00	0.0243195	-6.63E-02	1.43E-01
9.75E+00	0.0255355	-6.62E-02	-1.93E-02
9.73E+00	0.0267451	-6.28E-02	-1.97E-01
9.71E+00	0.0278895	-5.64E-02	-3.68E-01
9.69E+00	0.0289126	-4.79E-02	-4.82E-01
9.67E+00	0.029778	-3.79E-02	-5.65E-01
9.66E+00	0.0304601	-2.85E-02	-5.31E-01
9.64E+00	0.0309713	-2.03E-02	-4.64E-01
9.62E+00	0.031334	-1.43E-02	-3.41E-01
9.60E+00	0.0315886	-1.02E-02	-2.33E-01
9.58E+00	0.0317699	-7.70E-03	-1.45E-01
9.57E+00	0.031906	-5.16E-03	-1.46E-01
9.55E+00	0.0319969	-3.23E-03	-1.11E-01
9.53E+00	0.0320535	-1.19E-03	-1.17E-01
9.51E+00	0.0320744	-2.90E-04	-5.21E-02
9.50E+00	0.0320795	-7.69E-04	2.75E-02

9.48E+00	0.0320928	-3.26E-03	1.44E-01
9.46E+00	0.0321492	-7.17E-03	2.26E-01
9.44E+00	0.0322728	-1.27E-02	3.22E-01
9.43E+00	0.0324913	-1.90E-02	3.66E-01
9.41E+00	0.0328171	-2.68E-02	4.49E-01
9.39E+00	0.0332732	-3.43E-02	4.37E-01
9.38E+00	0.0338554	-4.07E-02	3.74E-01
9.36E+00	0.0345447	-4.40E-02	1.84E-01
9.34E+00	0.0352864	-4.30E-02	-6.98E-02
9.33E+00	0.0360084	-3.66E-02	-3.87E-01
9.31E+00	0.036622	-2.61E-02	-6.42E-01
9.29E+00	0.0370568	-1.17E-02	-8.69E-01
9.28E+00	0.0372515	3.92E-03	-9.47E-01
9.26E+00	0.0371865	1.88E-02	-9.01E-01
9.24E+00	0.0368762	3.02E-02	-6.91E-01
9.23E+00	0.0363791	3.79E-02	-4.62E-01
9.21E+00	0.0357579	4.08E-02	-1.71E-01
9.19E+00	0.0350912	3.94E-02	9.80E-02
9.18E+00	0.0344504	3.33E-02	3.85E-01
9.16E+00	0.0339108	2.48E-02	5.32E-01
9.14E+00	0.0335101	1.52E-02	6.05E-01
9.13E+00	0.0332661	7.20E-03	4.99E-01
9.11E+00	0.0331505	1.36E-03	3.67E-01
9.10E+00	0.0331288	-1.81E-03	1.99E-01
9.08E+00	0.0331576	-2.93E-03	7.03E-02
9.06E+00	0.033204	-1.98E-03	-6.06E-02
9.05E+00	0.0332354	-6.51E-04	-8.47E-02
9.03E+00	0.0332456	1.30E-03	-1.25E-01
9.02E+00	0.0332251	2.45E-03	-7.31E-02
9.00E+00	0.0331867	3.85E-03	-8.89E-02

8.99E+00	0.0331267	4.98E-03	-7.17E-02
8.97E+00	0.0330493	7.05E-03	-1.33E-01
8.95E+00	0.0329401	9.34E-03	-1.47E-01
8.94E+00	0.0327959	1.31E-02	-2.41E-01
8.92E+00	0.0325945	1.79E-02	-3.10E-01
8.91E+00	0.0323202	2.44E-02	-4.20E-01
8.89E+00	0.0319478	3.04E-02	-3.88E-01
8.88E+00	0.0314854	3.59E-02	-3.59E-01
8.86E+00	0.0309403	3.91E-02	-2.01E-01
8.85E+00	0.0303492	3.93E-02	-4.39E-03
8.83E+00	0.0297571	3.52E-02	2.78E-01
8.82E+00	0.0292277	2.88E-02	4.39E-01
8.80E+00	0.0287968	1.91E-02	6.54E-01
8.79E+00	0.0285114	8.73E-03	7.03E-01
8.77E+00	0.0283816	-1.34E-03	6.81E-01
8.76E+00	0.0284014	-9.88E-03	5.78E-01
8.74E+00	0.0285473	-1.76E-02	5.22E-01
8.73E+00	0.0288063	-2.26E-02	3.36E-01
8.71E+00	0.0291376	-2.55E-02	1.92E-01
8.70E+00	0.0295099	-2.53E-02	-1.92E-02
8.68E+00	0.029878	-2.27E-02	-1.83E-01
8.67E+00	0.0302075	-1.79E-02	-3.38E-01
8.66E+00	0.0304663	-1.39E-02	-2.80E-01
8.64E+00	0.0306668	-1.06E-02	-2.30E-01
8.63E+00	0.0308198	-8.71E-03	-1.37E-01
8.61E+00	0.0309447	-6.27E-03	-1.73E-01
8.60E+00	0.0310343	-2.52E-03	-2.65E-01
8.58E+00	0.0310702	4.99E-03	-5.30E-01
8.57E+00	0.0309994	1.46E-02	-6.76E-01
8.56E+00	0.0307933	2.46E-02	-7.09E-01

8.54E+00	0.0304463	3.28E-02	-5.75E-01
8.53E+00	0.0299858	3.85E-02	-3.98E-01
8.51E+00	0.0294472	4.02E-02	-1.16E-01
8.50E+00	0.0288862	4.01E-02	1.76E-02
8.49E+00	0.0283285	3.64E-02	2.78E-01
8.47E+00	0.0278243	2.94E-02	5.16E-01
8.46E+00	0.0274185	1.90E-02	7.62E-01
8.44E+00	0.0271574	7.57E-03	8.34E-01
8.43E+00	0.0270535	-4.14E-03	8.58E-01
8.42E+00	0.0271103	-1.30E-02	6.46E-01
8.40E+00	0.0272872	-1.90E-02	4.42E-01
8.39E+00	0.027546	-2.15E-02	1.81E-01
8.38E+00	0.0278379	-2.27E-02	8.25E-02
8.36E+00	0.0281449	-2.24E-02	-3.01E-02
8.35E+00	0.0284465	-2.28E-02	2.80E-02
8.34E+00	0.028753	-2.39E-02	7.30E-02
8.32E+00	0.0290727	3.49E-03	-4.24E-04

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Hasil dari *second derivative* spectrum FTIR menunjukkan penciri spectral glukosa pada plasma darah berada pada panjang gelombang 8.77 μm atau pada bilangan gelombang 1140 cm^{-1} menandakan adanya regangan vibrasi gugus fungsi C-O dari glukosa.
- b. Hasil dari perhitungan luasan kurva, menunjukkan adanya kenaikan luasan kurva seiring dengan semakin tingginya jumlah konsentrasi glukosa. Hal ini sesuai dengan teori yang ada bahwa semakin tinggi konsentrasi, semakin besar absorbansi.

5.2 Saran

Dalam meningkatkan mutu penelitian berikutnya, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan sebagai perbaikan pada penelitian selanjutnya yaitu dapat dilakukan pengujian sampel dengan memvariasikan faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi glukosa pada darah dengan memperbanyak jumlah sampel pengujian sehingga dapat diketahui pengaruh tersebut terhadap spektral yang dihasilkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Hematology
<http://www.hematology.org/Patients/Basics/>
- Deleris, Gerard. 2003. *Application of FTIR spectroscopy to plasma contents analysis and monitoring*.
- Griffiths, dkk. 1975. *Fourier Transformation Infrared Spectrometry*. New York: Wiley-Interscience
- Gunnur Güler, dkk. 2015. *Proteolytically-induced changes of secondary structural protein conformation of bovine serum albumin monitored by Fourier transform infrared (FT-IR) and UV-circular dichroism spectroscopy*. doi: 10.1016/j.saa.2016.02.013
- Jurnal Diabetes Mellitus media Litbang Kesehatan Vol.XIV no.3 Th 2004
- Marks, Dawn B. 2000. “*Biokimia Kedokteran Dasar*”. EGC Emergency Arcan Buku Kedokteran.
- Munkunthan, A. 2013. *FTIR Spectroscopic features of blood serum of diseased and healthy subjects (animals)*.
- Operator's Manual. 2006. *The Cobas 6000 Series System*. Germany: Roche Diagnostics.
- Owen, Anthony J. *Uses of Derivative Spectroscopy*. Agilent Technologies.
- Petibois, Cril dkk. 1999. *Determination of Glucose in Dried Serum Samples by Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*. Clinical Chemistry 9: 1530-1535.
- Rasmika, D. 2008. *Pemeriksaan Kadar Gula Darah Sewaktu pada Masyarakat Dusun Samu Mambal Kabupaten Badung*. Denpasar: Bagian Patologi Klinik Fakultas Kedokteran Udayana.
- Riset Kesehatan Dasar*. 2013.
- Saakov, V.S dkk. 2013. *Derivative Spectrophotometry and Electron Spin Resonance (ESR) Spectroscopy for Ecological and Biological Questions*. DOI 10.1007/978-3-7091-1007-2_2. Springer-Verlag Wien.

- Shimadzu. *FTIR-8400S*. Shimadzu corp.
- Smith, Brian C. 2011. *Fundamentals of fourier transform infrared spectroscopy, second edition*. CRC Press.
- Srividya, P dkk. 2012. *FTIR Spectral Study on Diabetic Blood Samples-Monotherapy and Combination Therapy*. Chennai: Dept. of Physics.
- Tahid. 1994. *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier*. Bandung: Warta.
- Tuchin, Valery. 1990. *Handbook of optical sensing of glucose in biological fluids and tissue*.
- Ward, Kenneth J. 1992. *Post-Prandial Blood Glucose Determination by Quantitative Mid-Infrared Spectroscopy*. Vol 46, Number 6, 1992.
- Y.C.Shen, A.G.Davies dkk. 2003. *The use of Fourier-transform infrared spectroscopy for the quantitative determination of glucose concentration in whole blood*. Phys.Med.Biol. 48 (2003) 2023-2023. PII: S0031-9155(03)60836-5.

BIODATA PENULIS



Febria Dilianti – lahir di Surabaya, 7 Februari 1994. Penulis merupakan anak ketiga dari Dwi Bambang Ariwibowo dan Suryaningtyas Agustin. Penulis memulai pendidikan di TK ABA XI Malang di tahun 1998, dilanjutkan ke SD MIN Malang I pada tahun 2000 hingga 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 16 Malang tahun 2006-2007 dan SMPN 5 Malang tahun 2007-2009. Pada tahun 2009 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 4 Malang hingga lulus pada tahun 2012. Selepas lulus dari sekolah menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan di Teknik Fisika ITS Suabaya. Saat berstatus sebagai mahasiswa, penulis aktif dalam kepengurusan Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika ITS (HMTF ITS). Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Pertamina EP-Field Sangasanga, Kalimantan Timur pada tahun 2015. Penulis dapat di hubungi melalui email febria.dilianti@yahoo.co.id.